LA PROSPECTION AU NOUVEAU-BRUNSWICK
DEUXIEME COURS
(ROCHES ET MINERAIS)

La Direction des Ressources minières
Ministère des Ressources naturelles
Nouveau-Brunswick

Ce projet est un projet de développement fédéral-provincial de la province du Nouveau-Brunswick et du ministère fédéral de l'Expansion économique régionale financé en vertu de l'entente auxiliaire sur les minéraux et les carburants de l'Entente-cadre de développement Canada/Nouveau-Brunswick.

Les personnes intéressées peuvent se procurer des exemplaires du rapport en s'adressant à:

La Direction des Ressources minières
Ministère des Ressources naturelles
C.P. 6000, Fredericton, N.-B. E3B 5H1

Rapport N^{O}: Dossier public 84-6

Auteur: W. E. Hale (l'université du Nouveau-Brunswick)

Premiere page: Tim Fevens

N^{O} de catalogue: ISSN 0712-4562

LA PROSPECTION AU NOUVEAU-BRUNSWICK

Programme
de
six cours

de
l'Université du Nouveau-Brunswick
et du
Ministère des Ressources naturelles

Janvier 1982

Fredericton (N.-B.)

LA PROSPECTION AU NOUVEAU-BRUNSWICK

par

W. E. HALE

DEUXIEME COURS

Roches et minerais

Janvier 1982

Notes accompagnant
le cours sur
la prospection au Nouveau-Brunswick
Deuxième cours (d'une série de 6)
ROCHES ET MINERAIS

A. ROCHES

1. Roches et minerais

Tous les minerais (métalliques et non-métalliques), de même que les gisements de combustibles minéraux et de matériaux de construction, sont eux-mêmes des roches ou encore se présentent ou sont associés, d'une manière assez particulière, avec divers types de roches. Bien des études ont été réalisées afin de tenter de classifier les divers minerais ou minéraux métalliques en fonction des divers types de roches, mais on n'a pas encore réussi à établir une classification rigoureuse et suffisamment complète. On peut effectivement constater que divers types de roches peuvent servir de "témoins" de la présence de certains minéraux, par exemple on a pu observer depuis plus de 50 ans une tendance générale voulant que les gisements de cuivre soient bien souvent associés à des roches diorites. La connaissance des associations de certaines roches avec certains minerais est utile au prospecteur, car elle peut l'aider à prévoir ce qu'il pourrait découvrir sur le terrain, mais il ne devrait pas se limiter à ces indices dans sa recherche de dépôts encore inconnus ou différents (de la "normale").

On a défini minerai comme étant un minéral ou une combinaison de minéraux (roche) dont on peut extraire un ou plusieurs produits simples ou composés à un certain moment, à un certain endroit, à profit. Bien des facteurs qui n'ont rien à faire avec la minéralogie (soit: l'accès, la demande, l'approvisionnement, le prix, etc.) doivent être pris en considération lorsqu'il s'agit d'identifier un minerai, mais il faut reconnaître qu'il s'agit toujours de minéraux ou de roches.

2. Le cycle de la formation des roches

Les roches sont des matières solides se composant d'un ou plusieurs minéraux. Elles forment la dure écorce de la terre jusqu'à une profondeur où les matières sont en fusion en raison de températures très élevées. L'épaisseur de la croûte terrestre varie dans les différentes parties du globe, mais la partie de l'écore qui forme les continents a une profondeur moyenne d'environ 35 km. (Elle est d'environ 8 km sous les parties les plus profondes de l'océan.) Quoique les roches soient par définition des matières solides et que la croûte se compose principalement de roches solides (presque toutes, 95%, éruptives), on trouve également des fluides (gaz et liquides, tels que l'eau, le gaz carbonique, l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, l'anhydride sulfureux, etc.) dans la croûte et dans les matières solides non rassemblées en bloc (sable, argile, gravier, limon océanique, etc.) à la surface de l'écorce terrestre. On a tendance à penser, tout comme nos ancêtres, que la surface sur laquelle on vit a toujours été stable. D'un point de vue géologique, toutefois, et particulièrement du point de vue des temps géologiques, l'écorce terrestre et les fluides qui l'enveloppent sont dans un état de changement continuel. On peut "voir" la création et la destruction des roches dans le cycle de processus qu'illustre la fig. 1. Cette figure nous montre, dans une forme simplifiée, les processus variés et complexes qui se produisent à l'intérieur et à la surface de la croûte terrestre et qui forment et reforment les roches.

3. Identification des roches selon leur origine

Lorsque le géologue mentionne, dans ses rapports ou sur ses cartes, les trois principaux types de roches: <u>éruptives,</u> <u>sédimentaires</u> et <u>métamorphiques,</u> il fait allusion à <u>l'origine</u> des roches. Sur le terrain, il peut être difficile ou impossible de déterminer l'origine d'une roche et, par conséquent, de l'identifier. Toutefois, le fait de

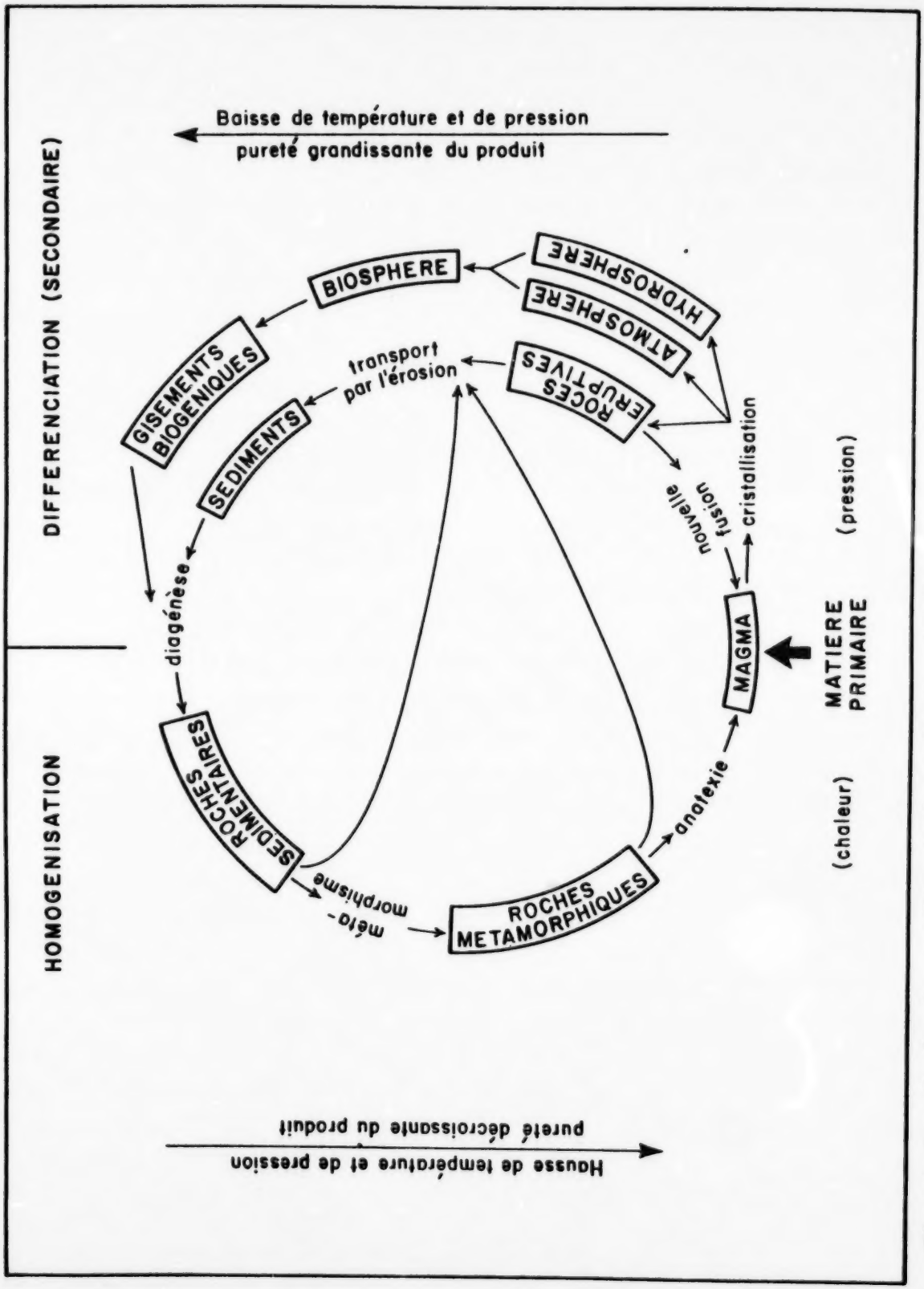

Figure 1. Cycle des roches (selon Mason, 1958)

comprendre, même d'une manière élémentaire, comment les roches se forment permet au prospecteur de se faire une idée de ce qu'il doit observer en cherchant à reconnaître une "formation favorable" ou à "lire" une carte géologique.

Un autre rappel à l'intention du prospecteur concerne l'appellation des roches. Bien des techniques: chimiques, optiques, aux rayons X, peuvent servir aujourd'hui pour identifier les roches. Le prospecteur n'a habituellement pas accès à ces mèthodes raffinées et c'est pourquoi il ne devrait pas s'attendre à pouvoir identifier les roches avec la même compétence ou la même assurance que le géologue au service du gouvernement qui soumet ses échantillons à divers types d'analyses avant de se prononcer. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des roches au grain fin où il est impossible d'identifier les divers minéraux et de déterminer leur proportion respective à l'oeil nu ou à travers une loupe de poche.

4. Affleurements de roches

Un peu plus tard, dans le cadre du cours, nous vous expliquerons la manière dont les cartes géologiques sont faites et utilisées. Il pourrait être utile, toutefois, de vous dire un mot dès maintenant sur la raison pour laquelle, lorsqu'on parle de roches, particulièrement sur de terrain, on parle d'affleurements u de parties visibles de l'écorce. La surface naturelle sur laquelle on marche dans les champs (dans les régions boisées ou sauvages) se compose de bien des matériaux autres que des roches. Au Nouveau-Brunswick, nous avons des sols formés d'anciennes roches transformées par l'érosion, nous avons des dépôts morainiques, du gravier, du sable, de l'argile, qui ont été transportés et déposés à la surface par les rivières, les lacs, les glaciers, et nous avons des matières végétales en état de décomposition qui proviennent d'arbres et d'autres plantes. Aucune de ces matières n'est de la roche. Ce qu'on appelle roche est la

matière solide et naturelle que nous laissent voir les déblais le long des routes et des rivières, là où l'homme ou l'eau a taillé ou rongé le sol ou les autres matières meubles et argileuses jusqu'à la croûte terrestre. Loin des routes ou des rivières, ces matières solides "apparaissent" à la surface à travers les matières argileuses lorsque ces dernières forment une couche mince ou qu'elles ont été déplacées par l'homme ou la nature. Les cartes géologiques montrent, habituellement les divers types de roches comme s'il s'agissait de grandes superficies continues alors qu'en fait ces surfaces (colorées en divers blocs ou présentées comme des masses uniformes) sont interprétées à partir de quelques affleurements disséminés qui peuvent ne représenter tout au plus que 5% de la superficie véritable. Pour le prospecteur, les affleurements de roches sont l'élément primordial et les cartes qui les indiquent en marquant d'une couleur ou d'un motif différent les matières argileuses et non rocheuses sont les plus utiles.

5. Caractéristiques révélatrices des roches

Afin de vous permettre de nommer les roches avec assurance, comprendre leur origine et l'histoire de leur formation ainsi que leur potentiel en tant que source ou hôte d'un minerai quelconque, il serait bon que vous connaissiez:

leur composition - chimique (telle que déterminée dans un laboratoire)
- minéralogique (les proportions des minéraux divers)

leur texture - (la forme et la grosseur des divers minéraux et leur agencement spatial les uns par rapport aux autres)

leur structure - (géométrique ou autres caractéristiques spatiales non limitées aux grains individuels ou à leur agencement, soit les diverses couches)

leur mode
de mise en place - (la forme ou la constitution des divers types de roches dans leur emsemble, soit en filons, en couches, etc.)

leur répartition - (les endroits où les roches affleurent, en séries, interrompues, etc.)

leur âge - relatif (par rapport aux autres roches voisines ou dans la région), absolu (l'âge véritable en années déterminé par des méthodes radioactives)

leurs asssociations-(avec d'autres types de roches)

leurs corrélations -(équivalence avec des roches semblables ou identiques qu'on trouve ailleurs)

Leur altération - (tous les changements, même métamorphiques, à travers lesquels la roche a pu passer depuis son origine)

En manipulant votre jeu de roches dans le cadre du présent cours, vous devriez apprendre à reconnaître leur composition minéralogique, leur texture et, dans certains cas, leur structure. Sur le terrain, vous pourrez probablement apprendre à mieux connaître leur structure, leur mode d'affleurement et peut-être obtenir des informations partielles sur quelques-unes des autres caractéristiques. Ces dernières restrictions vous sont soulignées ici afin de vous prévenir qu'il n'est pas facile d'identifier toutes les roches et que vous ne devriez pas vous décourager si, après avoir examiné une roche et avoir noté les caractéristiques que vous pouvez voir à l'aide d'une loupe de poche, vous vous sentez incapable de l'identifier avec pleine assurance. Certaines roches sont faciles à identifier, par exemple le calcaire (provenant d'une couche, facile à rayer avec un couteau et effervescent au contact de l'acide HCl), alors que d'autres, telles que le tuf de rhyolite consolidé à chaud, exigent généralement des techniques sophistiquées auxquelles vous ne pouvez avoir accès sur le terrain.

6. Description et classification des roches

Vous pourrez trouver des conseils utiles et une aide précieuse pour l'étude des roches dans votre série de textes (p. 32 à p. 43) inclusivement et dans le guide de laboratoire (ch. 3, 4, 5,). Ce dernier est particulièrement précieux car il peut vous aider à reconnaître les propriétés révélatrices des diverses roches et à les identifier (La manipulation d'échantillons en laboratoire, mais bien mieux encore sur le terrain, permettra au prospecteur de tirer un meilleur profit du jeu des couleurs qui sont utilisées dans les illustrations).

[Faites la lecture du texte (Lang, 1976) et des sections du guide de laboratoire qui portent sur les principaux types de roches et essayez de résoudre les problèmes de laboratoire (roches: éruptives, p.34; sédimentatires, p.50; et métamorphiques, p.57].

B. MINERAIS

1. Commentaires généraux

Nous vous présentons ici quelques renseignements sur les minerais, mais vous comprendrez qu'à ce stage-ci la préparation des étudiants est assez limitée. Il vous sera nécessaire de consulter vous-mêmes les ouvrages complémentaires, mais vous trouverez également plus tard dans la présente série de cours d'autres informations qui vous permettront de mieux connaître les minerais. Cette connaissance des gîtes minéraux et par conséquent votre habileté à faire de la recherche d'une manière perspicace repose principalement sur deux branches de la science géologique: la minéralogie- pétrologie (l'étude des minéraux et des roches) et la geologie structurale (l'étude de l'agencement spatial, ou des dimensions, de l'apparence, de la forme, des formations géologiques). On a déjà fait allusion (dans le premier cours) à l'Annexe III, p. 302 de vos textes (Lang, 1976). Ces tables vous donnent la liste, selon leur abondance, des

éléments chimiques qu'on trouve dans "la moyenne des roches éruptives" qui, du point de vue des géologues, représenteraient approximativement la constitution moyenne de l'écorce terrestre.

2. Abondance des éléments économiquement importants

A partir de la liste des divers éléments selon leur abondance dans l'écorce terrestre, on peut sélectionner ceux qui sont les plus importants du point de vue économique (tableau 2-1).

TABLEAU 2-1 Abondance des éléments économiquement importants dans l'écorce terrestre.

Nom	Symbole chimique	Nombre atomique	Abondance dans l'écorce (% par rapport au poids)
Aluminium	Al	13	8.00
Fer	Fe	26	5.8
Magnésium	Mg	12	2.77
Potassium	K	19	1.68
Titane	Ti	22	0.86
Hydrogène	H	1	0.14
Phosphore	P	15	0.101
Manganèse	Mn	25	0.100
Fluor	F	9	0.0460
Soufre	S	16	0.030
Chlore	Cl	17	0.019
Vanadium	V	23	0.017
Chrome	Cr	24	0.0096
Zinc	Zn	30	0.0082
Nickel	Ni	28	0.0072
Cuivre	Cu	29	0.0058
Cobalt	Co	27	0.0028
Plomb	Pb	82	0.00010
Bore	B	5	0.0007

Nom	Symbole chimique	Nombre atomique	Abondance dans l'écorce (% par rapport au poids)
Beryllium	Be	4	0.00020
Arsenic	As	33	0.00020
Etain	Sn	50	0.00015
Molybdène	Mb	42	0.00012
Uranium	U	92	0.00016
Tungstène	W	74	0.00010
Argent	Ag	47	0.000008
Mercure	Hg	80	0.000002
Platine	Pt	78	0.0000005
Or	Au	79	0.0000002

Il est important de noter qu'"abondance" ne veut pas dire disponibilité. Par exemple, l'or est un elément qu'on connaît tous très bien et l'or métallique qu'on a vu peut facilement provenir d'une pépite à peu près inchangée par rapport à son état naturel. D'autre part, personne n'a vu d'aluminium métallique dans son état naturel, étant donné que cet élément n'apparaît que combiné avec d'autres éléments tels que l'oxygène, le silicium, etc. La combinaision de ces derniers et d'autres éléments avec l'aluminium donne des composés tels que la bauxite, les feldspaths, les minéraux des argiles, etc., qui ont des propriétés très différentes de celles de l'aluminium métallique. Pour obtenir l'aluminium métallique, que nous connaissons bien, l'homme doit d'abord l'extraire des composés naturels où il se trouve. Nous avons par conséquent une bien meilleure connaissance de l'or, le moins abondant des éléments économiquement importants, que de l'aluminium, le plus abondant de ces éléments, lorsqu'ils se trouvent dans leur état naturel. Cette observation a pour but de démontrer deux faits importants:

(1) la forme dans laquelle on utilise un élément de l'écorce terrestre n'est pas nécessairement la forme dans laquelle il se présente dans la croûte terrestre; et

(2) afin de découvrir, exploiter et traiter les éléments dont nous avons besoin, il faut savoir comment et où ils se présentent dans la nature, soit connaître les minéraux, les roches et les minerais qui les contiennent.

(3) Minéraux métalliques

La plupart des éléments dont nous avons besoin dans notre société moderne proviennent des minéraux qui apparaissent dans la liste du tableau 2-2. A l'exception des éléments natifs (l'or, l'argent et le cuivre), les minéraux sont des composés dont l'élément ou les les éléments utiles doivent être extraits. Ce processus d'extraction est désigné sous le nom de "traitement des minéraux" et fait appel à des techniques physiques, chimiques et thermiques pour séparer les éléments.

Ces minéraux métalliques sont le point de mire du prospecteur sur le terrain. Peu de prospecteurs, s'il en est, pourraient identifier tous ces minéraux, mais le prospecteur qualifié devrait être capable d'en identifier plusieurs et savoir que les minéraux moins communs peuvent être associés à d'autres minéraux mieux connus et faciles à identifier.

L'identification des minéraux métalliques dans une roche est un signe favorable, mais le pourcentage de métal (tableau 2-2) s'applique uniquement au minéral lui-même à l'état pur.

Lorsque ce minéral métallique est dispersé dans l'ensemble de la roche et qu'il faut extraire et broyer presque toute la roche pour en obtenir le minéral métallique, le pourcentage de métal dans la roche à exploiter est bien inférieur. On pourrait illustrer ceci par un exemple.

La chalcopyrite, le plus important des minerais de cuivre, contient 34% de cuivre métallique. Si la chalcopyrite est dispersée dans une roche diorite en proportion telle qu'elle constitue environ 2% du poids de cette roche, la roche à

exploiter contient donc 35% de 2% de sa teneur en cuivre, ou 0,7% Cu. Ceci ne pourrait constituer du minerai que si la roche diorite contenant la chalcopyrite était suffisamment importante pour permettre son extraction à un régime excédant 1000 tonnes par jour pendant environ 20 ans. Même si la quantité de roche diorite s'avérait suffisante (7 000 000 de tonnes au minimum), la récupération effective de cuivre serait moindre que ne l'indiquent ces chiffres étant donné qu'elle ne peut jamais être complète et qu'une partie du cuivre serait perdue au cours du traitement.

Les prospecteurs sont reconnus comme des être optimistes et s'il n'en était pas ainsi, bien des filons métallifères n'auraient pu être découverts. Toutefois, le prospecteur qui veut réussir doit comprendre la différence entre un minéral métallique et un simple minerai. La difficulté pour le prospecteur vient du fait qu'il est rarement possible de voir ou de mesurer les 7 000 000 de tonnes qu'on vient de mentionner. Le prospecteur qui trouve effectivement 2% de chalcopyrite dans un affleurement de roche diorite sera probablement capable de voir directement les 10 ou 20 tonnes de diorite à la surface. Ce qu'il en est de la roche diorite, et de la chalcopyrite qu'elle contient, lorsqu'elle disparaît sous les "alluvions" ou une autre roche, ne peut généralement que demeurer un mystère jusqu'à ce que des sondages aient suffisamment délimité le filon pour vérifier la présence des 7 000 000 de tonnes et de la continuité du 2% de chalcopyrite qu'elle contient.

Tableau 2-2 Liste des minéraux métalliques communs*

Métal	Minéral	Composition	Pourcentage de métal	Primaire	Super-gène
Or	Or Natif	Au	100	x	x
	Calavérite	$AuTe_2$	39	x	
	Sylvanite	$(Au.Ag)Te_2$	-	x	

* Source: Jenson et Bateman, 1979, Economic Mineral Deposits, 3e ed., John ·

Métal	Minéral	Composition	Pourcentage de métal	Primaire	Supergène
Argent	Argent natif	Ag	100	x	x
	Argentite	Ag_2S	87	x	x
	Cérargyrite	AgCl	75		x
Fer	Magnétite	$FeO\ Fe_2O_3$		x	
	Hématite	Fe_2O_3	70	x	x
	"Limonite"	$Fe_2O_3H_2O$	60		x
	Sidérite	$FeCO_3$	48	x	x
Cuivre	Cuivre natif	Cu	100	x	x
	Bornite	Cu_3FeS_4	63	x	x
	Brochantite	$CuSO_4\,3Cu(OH)_2$	62		x
	"Chalcocite"	Cu_2S	80	x	x
	Chalcopyrite	$CuFeS_2$	34	x	x
	Covelline	CuS	66	x	x
	Cuprite	Cu_2O	89		x
	Digénite	Cu_8S_3	78	x	x
	Enargite	$3Cu_2SAs_2S_$	48	x	
	Malachite	$CuCO_2Cu(CH)_2$	57		x
	Azurite	$2CuCo_3Cu(OH)_2$	55		x
	Chrysocolla	$CuSiO_3\,2H_2O$	36		x
	Galène	PbS	86	x	
	Cérusite	$PbCO_3$	77		x
	Anglésite	$PbSO_4$	68		x
Zinc	Sphalérite	ZnS	67	x	
	Smithsonite	$ZnCO_3$	52		x
	Hémimorphite	H_2ZnSiO_3	54		x
	Zincite	ZnO	80	x	
Etain	Cassitérite	SnO_2	78	x	?
	Stannite	$Cu_2SFeSSnS_2$	27	x	?
Nickel	Pentlandite	(Fe Ni)S	22	x	
	Garniérite	$H_2(Ni\ Mg)SiO_2H_2)$-			x
Chrome	Chromite	$FeO\ Cr_2O_3$	68	x	

Manganèse	Pyrolusite	MnO_2	63	x	x
	Psilomélane	$Mn_2O_3xH_2O$	45	x	x
	Braunite	$3Mn2O_3MnSiO_3$	69	?	x
	Manganite	$Mn_2O_3H_2O$	62		x
Aluminium	Bauxite	$Al_2O_32H_2O$	39		x
Antimoine	Stibnite	Sb_2S_3	71	x	
Bismuth	Bismuthinite	Bi_2S_3	81	x	x
Cobalt	Smaltine	$CoAs_1$	28	x	
	Colbaltine	CoAsS	35	x	
Mercure	Cinabre	$HgSS_3$	86	x	
Molybdène	Molybdénite	MoS_21	60	x	
	Wulfénite	$PbMoO_4$	39		x
Tunstène	Wolframite	$(Fe\ Mn)WO_4$	76	x	
	Huebnérite	$MnWO_4$	76	x	
	Scheelite	$CaWO_4$	80	x	
Uranium	Uraninite (Combinaison de Pechblende UO_2 et de UO_3)		50-85	x	
	Coffinite	$USiO_4$	75		x
	Carnotite	$K_2O2U_2O_3V_2O_3nH_2O$	$60,n_3O_1$		x

4. Formation des minerais: anomalies

Le tableau 2-3 pourrait vous aider à comprendre le caractère inhabituel ou anormal des filons métallifères dans l'écorce terrestre.

Tableau 2-3*

Facteurs de concentration de certains éléments économiquement importants dont on a besoin pour rendre l'exploitation rentable.

Elément	Abondance dans l'écorce (% selon le poids)	Facteur de concentration*
Aluminium	8,00	3 à 4
Fer	5,8	5 à 10
Cuivre	0,0058	80 à 100
Nickel	0,0072	150
Zinc	0,0082	300
Uranium	0,00016	1 200
Plomb	0,00010	2 000
Or	0,0000002	4 000
Mercure	0,000002	100 000

Sources: Données de B. J. Skinner, Earth Ressources, Prentice-Hall, 1968

D. A. Brabst et W. P. Pratt, Mineral Resources of the U.S., U.S. Geological Survey, Prof Paper 820 19/3

* Facteur de concentration = abondance dans un gisement ÷ abondance dans l'écorce.

* Source: la même que celle du tableau 2-2

Le fait qu'un gisement typique d'or métallique soit approximativement 4000 fois plus riche de cet élément que l'écorce terrestre dans son ensemble explique la rareté de ces gisements. Le dicton "L'or est là où on le trouve" peut s'appliquer à tous les minerais dans son sens le plus littéral. Toutefois, le prospecteur moderne peut faire mieux que la simple idée qui est contenue dans ce dicton, soit que la découverte n'est qu'une question de chance. Si le dicton veut dire que les nouvelles découvertes d'or ont plus de chances de se réaliser

près des endroits où l'on connaît déjà l'existence de mines d'or, cette idée repose sur des arguments statistiques et géologiques, puisqu'on sait maintenant que les minerais d'un certain type ou contenant un certain élément ont tendance à se retrouver ensembles dans les mêmes régions du globe. Ces régions, ou "provinces" ou "camps", relativement petites, où certains éléments sont suffisamment abondants pour être exploités, sont évidemment des portions de la croûte extérieure de la terre où les conditions ont été différentes de la moyenne - là où aucune exploitation n'est possible (du fait que les éléments économiquement importants ne se retrouvent pas dans une concentration au-delà de la moyenne). Ces régions, où les éléments se retrouvent dans une concentration plus forte que la moyenne dans l'écorce terrestre, sont anormales ou anomales. Quoique cette généralisation soit évidente, les processus par lesquels certaines parties de la terre deviennent particulièrement riches en éléments de valeur échappent à une compréhension totale. Il suffira d'indiquer au prospecteur débutant que "le minerai est là où on le trouve" et que vous le découvrirez fort probalement là où l'on connaît déjà l'existence de minerais, étant donné que ces régions se sont déjà distinguées par rapport à la moyenne. La différence par rapport à la moyenne de l'enveloppe extérieure de la terre peut s'exprimer d'une autre manière, ou d'une manière complémentaire, qui ne se limite pas à noter la concentration anormale de quelques éléments. Les différences physiques, chimiques, structurales ou pétrologiques, par rapport à la normale, fournissent souvent des indices servant à révéler un bon terrain de prospection où l'on arrivera effectivement à découvrir du minerai. Dans le camp de Bathurst-Newcastle, dans le Nord-Est du Nouveau-Brunswick, des irrégularités électriques et magnétiques dans cette partie de la croûte terrestre ont pu être détectées avant qu'on ne procède à la découverte du minerai.

Comme dans les autres sciences de la nature, le prospecteur doit avoir une connaissance des processus et des produits géologiques

normaux afin de pouvoir reconnaître ceux qui sont anormaux, soit ceux auxquels le minerai peut être associé.

Les minéraux métalliques obéissent aux lois qui gouvernent l'ensemble des processus géologiques, mais leur concentration en un gîte minéral, qui peut être exploité à profit, exige des conditions spéciales qui sont plus faciles à reconnaître lorsqu'on a une bonne connaissance des conditions normales.

(Des renseignements plus détaillés et plus spécifiques sur les gîtes minéraux sont donnés dans les ouvrages complémentaires recommandés dans le cadre du présent cours. Quant aux minéraux métalliques et aux gîtes minéraux, il serait utile de consulter les ouvrages 4, 9 et 11.)

5. Associations de minerais

Vous trouverez une classification détaillée des associations de minerais avec certains types de roches particulières, basées sur les gisements de minerais dans le monde, dans l'ouvrage 9 (p.22 et p. 108).

On discutera davantage de la question des associations minerai-roche dans les notes traitant des processus de surface (troisième cours) et des processus souterrains (quatrième cours).

6. Exploration à la recherche de minerais

L'assiduité et la chance jouent encore un rôle important dans la prospection. L'assiduité à couvrir attentivement le terrain à la recherche de phénomènes de "minéralisation" (de minerai) qui ont échappé à d'autres est restée la source de bien des "trouvailles" et continuera de l'être. (On était conscient de la minéralisation de sulfures à haute teneur dans des blocs de la région de Bathurst, au Nouveau-Brunswick, depuis près de 100 ans lorsqu'on fit la découverte de masses de minerai en place. De

plus, certains des gisements de minerai maintenant connus à Bathurst pouvaient être atteints à partir de simples trous dans le sol et de fouilles de surface.) Même dans les régions relativement faciles d'accès, il y a lieu et place pour le prospecteur de vérifier les nouveaux affleurements de roches qui ont été causés par la construction des routes, l'érosion due aux cours d'eau et par d'autres processus qui mettent de nouvelles roches à nu. D'autre part, le prospecteur moderne n'a pas à dépendre entièrement de l'assiduité de sa recherche et de la chance. De nouvelles sources d'information et de nouvelles techniques plus perfectionnées servant à l'exploration des minéraux aident et guident maintenant le prospecteur dans son travail d'"exploration". Vos textes (Lang, 1976, sections 8 à 13 inclusivement) et l'ouvrage 9 (Peters, 1978, quatrième partie) décrivent certaines des techniques et quelques-uns des services qui peuvent être utiles aux prospecteurs.

a. Méthodes géologiques

Le prospecteur qui exerce sa profession au Canada, et particulièrement au Nouveau-Brunswick, a accès à des données géologiques provenant principalement du ministère des Ressources naturelles, Direction des ressources minières, qui réduisent le facteur chance dans son travail d'exploration. Il doit avoir une connaissance de base en géologie afin de pouvoir tirer le meilleur parti possible de cette science.

Des exemples de cartes topographiques, de cartes géologiques, de rapports et des information connexes vous seront présentés lors du troisième et du quatrième cours.

De façon générale, le prospecteur se fie aux données géologiques pour sélectionner les régions qui semblent présenter un intérêt suffisant pour y effectuer des recherces plus poussées. Il s'intéresse principalement aux minéraux métalliques et, lorsqu'il découvre un gisement, aux possibilités du minerai lui-même. Lorsque des minéraux métalliques sont découverts au

cours de travaux de cartographie géologique, leur emplacement et habituellement une brève description sont notés sur la carte elle-même ou sur le rapport accompagnant la carte. Le prospecteur devrait toutefois comprendre que les géologues, lorsqu'ils préparent une carte ou un rapport sur une région particulière, ont leurs propres objectifs: d'identifier les types de roches présents et leurs relations entre elles dans le temps et dans l'espace. Dans la poursuite de ces objectifs, compte tenu des saisons où il est possible de se rendre sur le terrain, le géologue bénéficie rarement du temps voulu pour procéder à des travaux de prospection approfondis. En effet, il peut ne pas être doté du tempérament requis, ou ne pas avoir l'intérêt et l'expérience nécessaires pour remplir le rôle plus spécialisé du prospecteur. C'est pourqui ce dernier devrait considérer les cartes et les rapports géologiques comme des outils utiles à ses travaux de planification et de recherche sur le terrain. Avec un peu plus d'études, le prospecteur devrait être en mesure d'utiliser (à peu de frais ou même gratuitement) les cartes et les rapports géologiques du gouvernement, qui lui permettront de connaître les processus géologiques qui se sont produits dans une région, les produits (minéraux et roches) qui proviennent de ces processus et, par conséquent, les minéraux métalliques qui pourraient être associés à ces substances. Il peut alors décider de concentrer ses recherches autour des roches (qu'il a appris à identifier) qui sont reconnues pour contenir principalement certains minéraux métalliques particuliers.

b. Méthodes géophysiques

Certains prospecteurs achètent et utilisent leurs propres instruments géophysiques, tels que les compteurs à scintillations, les magnétomètres et autres "outils" d'exploration semblables qui sont relativement peu dispendieux. L'exploration géophysiques est cependant une branche spécialisée de la prospection qui, exige certaines connaissances et une certaine expérience qui dépassent ce cadre du présent programme.

Les méthodes utilisées sont définies dans (la section 12, p.146 de) vos textes (et dans la section 13, p.363 de l'ouvrage n°. 9).

En partie pour venir en aide aux prospecteurs, les gouvernements fédéral et provinciaux ont financé dans le passé et continuent aujourd'hui de financer des levés géophysiques, en utilisant principalement des techniques aériennes. Ces levés, dont les données sont tracées sur des cartes aéromagnétiques, aéroradiométriques ou autres, fournissent des données additionnelles très utiles au prospecteur.

D'une façon générale et très élémentaire, ces cartes illustrent les caractéristiques magnétiques ou radiométriques, ou autres caractéristiques physiques de la surface du globe et sur l'écorce extérieure dans la région couverte par les levés aériens. Ce genre de résultats ne permet habituellement pas d'identifier directement les gîtes métallifères, les champs pétrolifères, etc. Ce que ces levés apportent, c'est un indice des irrégularités ou des anomalies relatives aux diverses caractéristiques physiques par rapport à la "moyenne". Ces anomalies peuvent indiquer des conditions peu communes ou "non identiques à la moyenne" où il n'est pas impossible de trouver du minerai.

Avec un peu d'aide et d'expérience, le prospecteur peut davantage concentrer sa recherche non seulement dans les régions où il sait (à partir des cartes géologiques) que certains processus géologiques se sont produits, mais plus particulièrement dans les parties anormales de ces mêmes régions.

Les roches présentant des anomalies magnétiques avec lesquelles on associe les gîtes métallifères Brunswick n°. 6 et n°. 12 ont été identifiées géologiquement par feu le Dr. G. S. MacKenzie, de l'U.N.B., et lors de levés aéromagnétiques qui ont été réalisés dans cette région au début des années cinquante. La confirmation sur le terrain des résultats aériens et l'application d'autres techniques géophysiques ont indiqué des anomalies souterraines manifestes dans certaines parties des régions cartographiées. Des travaux de forage ont révélé par la

suite que des amas de sulfures Pb-Zn étaient associés avec ces conditions géologiquement et géophysiquement anomales. Cette "histoire d'une réussite" offre un excellent exemple de l'utilisation des méthodes géologiques et géophysiques dans la recherche des minerais ou des minéraux métalliques. Il faut toutefois souligner que les levés aériens susmentionnés indiquaient également des zones présentant des anomalies géophysiques avec lesquelles aucun amas de sulfures n'était associé.

c. Méthodes géochimiques

Depuis le début des années 1950, on a perfectionné certains instruments et certaines techniques qui servent à détecter quantitativement les plus petites particules d'éléments métalliques. Lorsqu'un gîte métallifère "enfoui", représentant une concentration anormale de minéraux métalliques, est exposé pendant plus de 100 ou de mille ans aux eaux circulantes souterraines et aux "agents" dissous qu'elles transportent, certains des éléments métalliques sont entraînés par ces eaux et transportés à la surface où leur sédimentation peut apparaître dans les sols et les dépôts des cours d'eau ou encore les éléments métalliques peuvent rester dans l'eau des puits, des sources ou des cours d'eau. L'analyse chimique de ces substances peut indiquer une région de la surface de la terre où la concentration d'éléments métalliques est plus élevée que la normale et constitue par conséquent une anomalie. C'est ce en quoi consiste essentiellement l'exploration géochimique. Les techniques d'échantillonnage sont peu coûteuses et certaines méthodes d'analyse peuvent être appliquées à peu de frais, sur le terrain, par le prospecteur. (Diverses techniques sont décrites dans vos textes, section 13, p.182, et dans l'ouvrage no. 9, p. 397).

Tout comme dans le cas des techniques géophysiques d'exploration, le ministère provincial des Ressources naturelles du N.-B. (et d'autres organismes semblables dans les autres

provinces) procéde à des analyses géochimiques qui offrent ces données au prospecteur sous la forme de cartes et de rapports. (Des exemples de ces rapports vous seront présentés à l'occasion du cinquième cours).

d. Exploration intégrée

Il devrait être assez évident, à ce moment-ci, que la façon la plus intelligente de faire l'exploration des gîtes minéraux ou des gisements de combustibles minéraux est d'utiliser tous les résultats des études géologiques, géophysiques et geochimiques qui sont accessibles. C'est en effet l'approche qui est adoptée par les compagnies d'exploration et les prospecteurs expérimentés. Dans certaines régions, et pour certaines raisons diverses, un organisme d'exploration peut effectuer ses propres études, mais même en ce cas les données offertes par les organismes gouvernementaux sont préalablement examinées. Quant au prospecteur qui exerce sa profession au Nouveau-Brunswick, une grande abondance de données lui sont offertes sous la forme de matériel publié et peu coûteux et il, ou elle, devrait faire l'effort d'apprendre à s'en servir.

C. RESUME

Les minerais sont des associations de minéraux (roches) qui contiennent des minéraux métalliques en quantités économiquement importantes. Les minéraux métalliques sont eux-mêmes, ou contiennent, des éléments de valeur qui peuvent être extraits à profit si le ou les minéraux métalliques sont présents en quantités suffisantes. Les minerais métalliques sont assez communs et sont répandus un peu partout dans l'écorce terrestre où ils se développment par des processus géologiques généralement bien connus. D'autre part, les minerais représentent des concentrations de minéraux métalliques 10, 100 ou 1000 fois plus élevées que l'abondance crustale moyenne de ces minéraux et de leurs éléments. Les gîtes minéraux et les districts localisés

où ils se trouvent représentent par conséquent des anomalies de l'écorce terrestre. La recherche perspicace tient compute du caractère d'anomalie des gîtes minéraux et faire appel à tous les moyens accessibles pour identifier de telles régions.